放 射 収 支 計

ＭＦ－１１型、ＭＦ－４０型

取 扱 説 明 書

Ｖｅｒ．１．１＿2008.12.17

ご使用前にこの『取扱説明書』をよくお読みの上、正しくお使いください。

放射収支計取扱説明書

MF－１１型，MF－４０型

目　　次

Ⅰ 概　　要

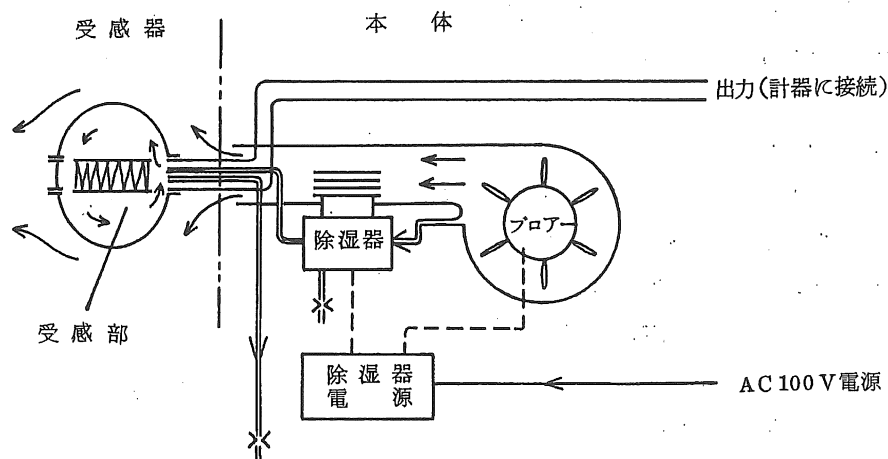
放射収支計MF－１１型．MF－４０型は短波長から長波長域にわたる放射収支の測定に用いられる通風・風防型放射収支計です。

本器を利用した測定は、気象学はもとより農業・建築・土木（保温保冷を含む）その他放射収支が問題となるあらゆる分野に応用されています。

MF－４０型は屋外および屋内において測定対象が全方向にある場合（垂直面・傾斜面等）に利用できます。また専用アダプター（オプション）を使用することにより、いずれか一方の面に到達する放射エネルギーのみを測定することができます。

Ⅱ 構成および原理

本器は図１のように受感器と本体部から構成されています。

MF－１１型

MF－４０型

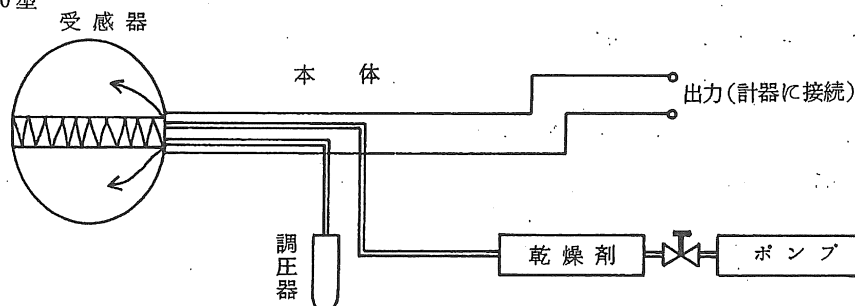



図1　原　理　図

1. 受　感　部

ベルベットブラックで塗装した上下２枚の受熱板の間に約２５０対の銅一コンスタンタン熱電対が示差に埋め込まれていて、放射収支量を熱起電力で検出するようになっています。この受感部は透過特性のよいポリエチレンドームにより保護され、ドーム内は常に乾燥空気が循環しドーム内面の結露を防止しています。MF －1 1型は、外表面に一定の風を送ることにより環境の急変（風・雨・その他の障害）による受感部の欠損および出力の変動を防止しています。

2. 本 体 部

MF－11型：

本体内部に組み込まれたブロアーにより、受感部外表面への送風と、電子冷凍式除湿器を介してポリエチレンドーム内への乾燥空気の送風をおこなう機能を有しています。

MF－40型：

乾燥空気供給装置が付属しており、装置はミニポンプ・乾燥剤・調圧器からなり、ミニポンプにより空気を乾燥剤に通し、除湿させた後受感器のポリエチレンドーム内に送ります。ドーム内の圧力の調整はニードル弁と試験管内に水を入れた調圧器によっておこなわれます。

Ⅲ 仕　　様

1) 受 感 器

1－1 感　　度 ： 約35 mV／kW・m^{-2}（約25 mV／cal・cm^{-2}・min^{-1}）

1－2 内部抵抗 ： 約90Ω

1－3 応答速度 ： 約20 sec（1／e追従）

1－4 使用温度範囲 ： －15 ～ 40°C

1－5 精　　度 ： ±5％

1－6 波長範囲 ： 0.3～30 μm以上

1－7 受感部寸法 ： 38×38（mm）

1－8 受感部塗装 ： ベルベットブラック塗装

1－9 ポリエチレンドーム： 特殊ポリエチレンドーム成型品

透過特性　図8

2) 本　　体（MF－11型）

2－1 寸　　法 ： 640^{L}×220^{W}×220^{H}（mm）

2－2 重　　量 ： 約7.6kg

2－3 電　　源 ： AC100V　50、60Hz

2－4 消費電力 ： 約55W

2－5 ヒューズ容量 ： 2A

2－6 塗　　色 ： マンセル値N－6

3) 乾燥空気供給装置（MF－40型）

3－1 寸　　法 ： 455^{L}×210^{W}×210^{H}（mm）

3－2 重　　量 ： 約5kg

3－3 電　　源 ： 100V

3－4 消費電力 ： 10W

3－5 塗　　色 ： マンセル値N－6

4) アーム（MF－40型）

4－1 寸　　法 ： 1100^{L}（mm）

5) アダプター（オプション）

5－1 温度検出素子 ： 白金抵抗体　100Ω又は、銅コンスタンタン熱電対

5－2 使用温度範囲 ： －10 ～40°C

5－3 精　　度 ： ±0.5°C

5－4　内面処理　：　ベルベットブラック塗装

5－5　外形寸法　：　ϕ６７×２６

Ⅳ　取扱い

1. 組　立（図２）

ＭＦ－１１型：

収容箱の中には本体・吐出パイプ・受感器・部品が入っていますので、まずこれらを取り出してから次の操作をおこないます。

1)　吐出パイプを出力線およびエアーチューブといっしょに本体の角穴に差し込み、出力線とエアーチューブは角穴下部の２つの穴に通し本体内部に引き込みます。

2)　付属の２本のビスで吐出パイプを上部より固定します。

3)　出力線とエアーチューブは本体内部でジョイントします。このとき出力線の色を間違えないようにしてください。

4)　最後に受感器の水準器を上側にして受感器を吐出パイプに差し込み組立を完了します。

ＭＦ－４０型：

1)　まず受感器用アームを適当な台またはスタンドに固定し、調圧器の中に水を入れます。

2)　受感器・水準器を上にして、ホルダーに差し込みます。

3)　アームより出ている２本のチューブをチューブ継手に差し込みます。

4)　ＡＣ１００Ｖコードを電源端子に接続します。

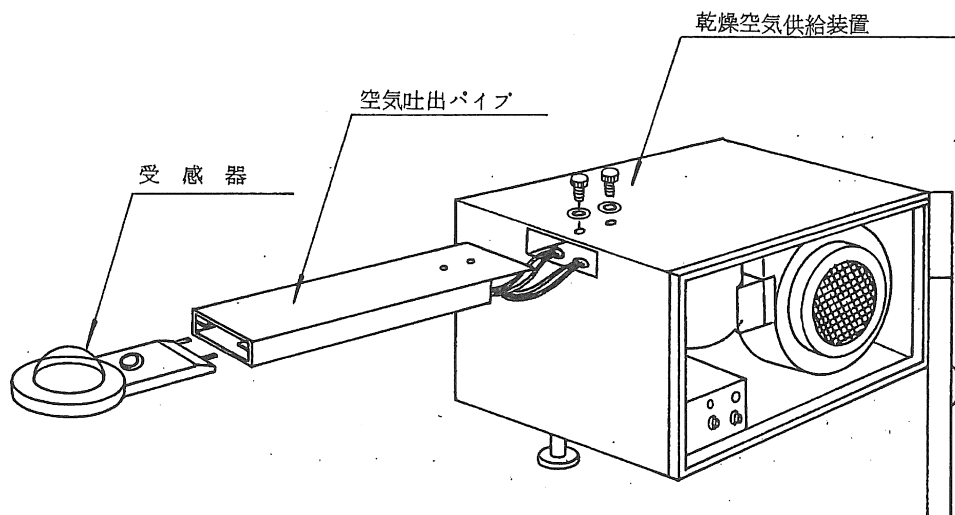



図２　組　立　図（ＭＦ－１１型）

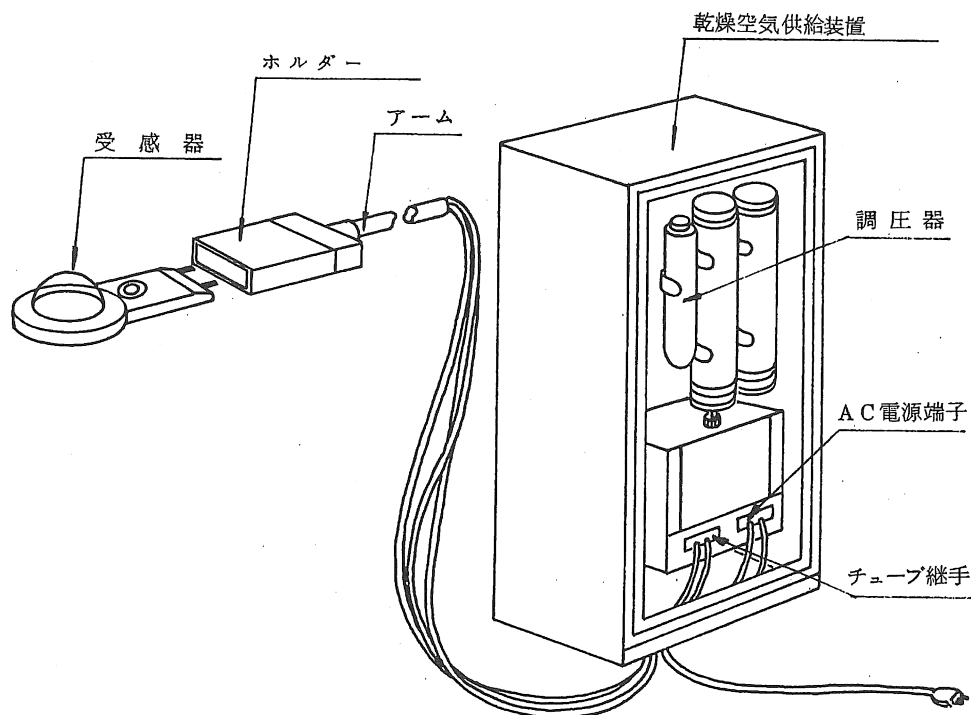



図2　組　立　図（MF－40型）

2. 設　　置

本器の設置に際しては、周囲の状況を充分考慮した注意深い設置が必要です。例えば野外で放射観測をおこなう場合、建物による影はもとより他の物体からの反射にも影響されない場所を選ぶことが必要です。なお測定時の高さは一般に地上1.5ｍ～2.0ｍ程度です。取付に際しては受感器の水準を合せ、本体下面にある取付穴を利用してしっかり固定します。この時３本の足に脚座をひいておきます。特に取付設備のない所には、MF－１１型用およびMF－４０型用固定スタンドが別売されていますから利用されると便利です。またMF－４０型には移動スタンドもあります。

アダプターの取付については、測定対象と反対側のポリエチレンドームを取り外し、かわりにアダプターを取付け、これにリード線を接続して、放射収支計の出力と同時にアダプター内面温度を測定します。

3. 結　　線

（MF－１１型）

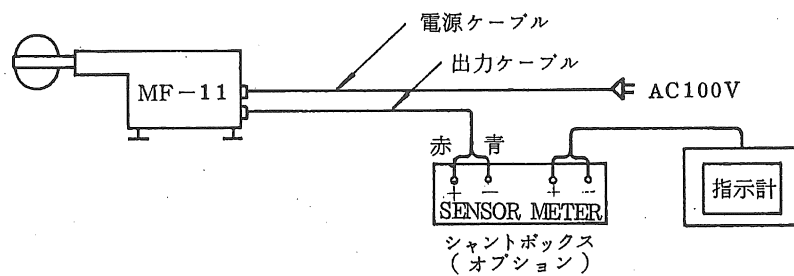
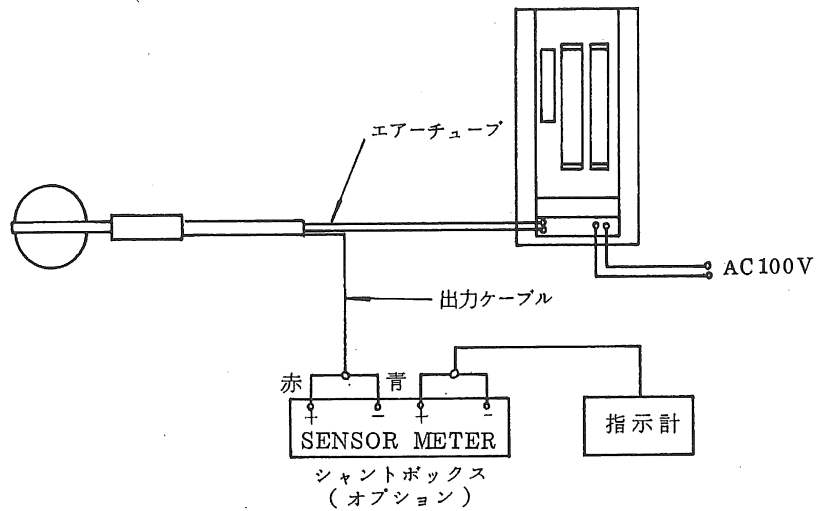
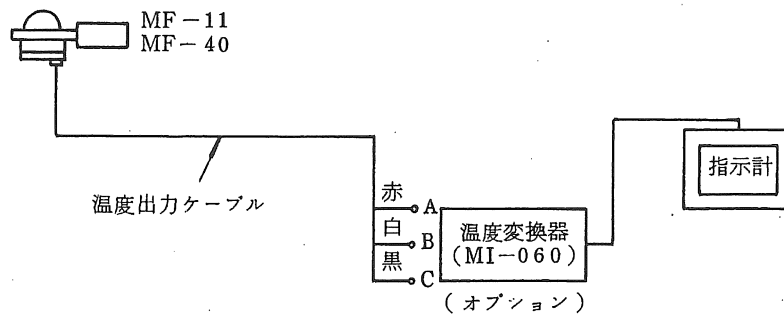



図3　結線図

（MF－40型）

（アダプター）

温度検出素子：Pt100Ω

温度検出素子：C－C

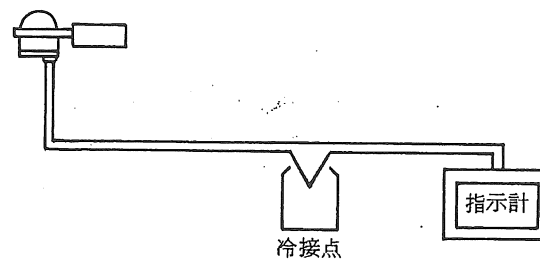



図3　結　線　図

4. 運　　転

MF－11型：（図5）

1) 結線を確認します。

2) 本体内部の電源スイッチ⑭を投入します。

3) ブロアー⑦（送風器）が回転し除湿器⑫が作動を始めますので、受感器のポリエチレンドームが脹らむことを確認します。

4) ポリエチレンドームが脹らめば正常ですが、もし脹らまなかった場合は、Vの取り扱い上の注意および点検を見てください。

MF－４０型：（図６）

1） 調圧器④の中に水が入っていることを確認します。

2） ＡＣ１００Ｖ電源を接続します。

3） ミニポンプ⑧が作動しポリエチレンドームが脹らむことを確認してください。

4） ニードル弁⑦を調整して調圧器④の中の泡が毎分６０個程度になるようにしてください。

5. 出力と感度

本器の感度は当社の黒体炉を用いて検定したもので、出力は上側からの放射がプラス側です。

出力を放射収支量に変換するには下式を用います。

$$\frac{\text{出　力}(mV)}{\text{感度}\left(mV/kW\cdot m^{-2}\right)\left(mV/cal\cdot cm^{-2}\cdot min^{-1}\right)} = \text{放射収支量}\left(kW\cdot m^{-2}\right)\left(cal\cdot cm^{-2}\cdot min^{-1}\right)$$

V 取り扱い上の注意および点検

1. ポリエチレンドームの交換

図４のようにドームと金具をセットし、受感部を傷つけないよう注意して取付けてください。

ポリエチレンドームは通常約１か月間使用できますが、透明度が落ちたり汚れた場合は図４を参照のうえその都度取替える必要があります。この場合気密性を保つだけのほど良い力で締め付けてください。ゆるかったり不完全な取付けの場合は空気が漏れて、ドームは脹らまないので充分注意しておこなってください。

ドーム締付リングには付属のグリースを塗り錆を防ぎます。

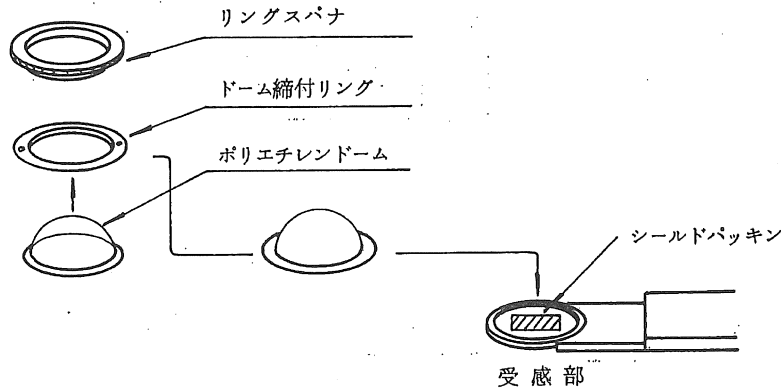



図４　ポリエチレンドームの取付

2. 除湿器の排水（図５⑫）MF－１１型

除湿された水はドレインの中にたまるので、季節にもよりますが１か月に１度は排水をおこない、排水後ドレインコックを確実に締めてください。空気が漏れるとドームは脹らまないので注意してください。

なお、湿器が故障した場合ALARMランプが点灯します。

3. フィルターの掃除（図５⑧⑨⑩）MF－１１型

設置環境により本体下部にある空気取入口やフィルターがつまる場合があり、本体機能を正常に保つため時々点検し、つまっていたら付属ブラシで掃除をします。

4. 空気逃し口（リークノズル）の掃除（図５⑪）MF－１１型

付属の掃除針を用いて逃し口を掃除してください。万一つまると乾燥空気が循環しなくなります。

5. 乾燥剤の交換　MF－40型

ガラスシリンダー内に挿入してある乾燥剤は、水分により半分以上赤色化した場合は交換してください。

6. 調圧器の保守　MF－40型

冬期に調圧器の試験管内の水が凍るのを防ぐため、水の中にアルコールを20～30%混合してください。

Ⅵ　記録計および指示計

本器を計器に接続する場合、その計器の使用範囲と本器の出力を合わせることが必要です。これは測定条件により放射収支計の出力が異なるためで、例えば野外放射観測をおこなう場合、昼と夜では出力に大きな差があり、測定精度を上げるためにも適正な使用範囲の計器に接続する必要があります。

既存の記録計目盛に放射収支計出力を適合させるために注文によりシャントボックスも用意できます。また野外放射の連続測定には、昼夜の感度切換の手間を省くために、日の出・日没に合わせて自動感度切換をおこなうソーラータイマー内蔵出力変換器が便利です。

Ⅶ　アダプター使用による放射エネルギーの求め方（表1・2・3）

上からの放射エネルギーRは次式によって求められます。

$$R = R_0 + \sigma Tc^4$$

$$R_0 = \frac{E}{S} \quad \begin{matrix}(kW \cdot m^{-2}) \\ (cal \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1})\end{matrix}$$ ：放射収支計の出力より求めた放射収支量

E：放射収支計出力（mV）

S：本体検定常数（$mV / kW \cdot m^{-2}$）（$mV / cal \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$）

σTc^4：アダプターの放射エネルギー（別表による）

σ：ステファンボルツマン定数

$= 5.67032 \times 10^{-8}\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$

Tc：アダプター内面温度（K）

$= 273.15°C + \theta°C\ (K)$

• 白金抵抗体用の温度変換器としては温度変換器（MI－060）が用意されています。

また上記の自動演算して出力する放射量演算器（MI－010C）も用意されています。

• 測温用の延長コードはMVVS 0.75㎠3芯シードルを使用し50mまで延長可能です。（白金用）

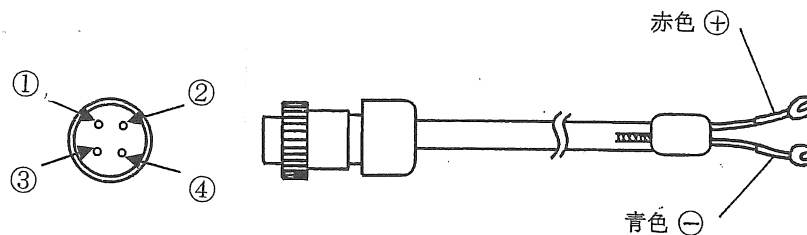
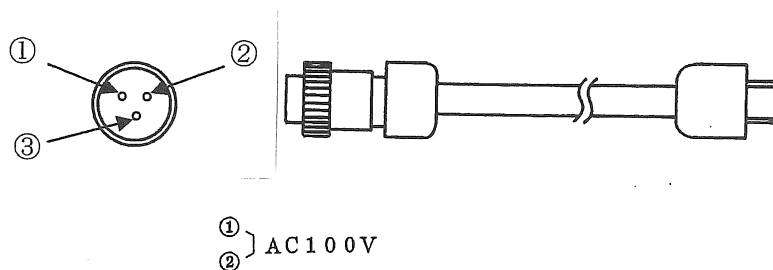
Ⅷ　出力および電源コード

1）出力コード

① 出　力 ⊕　　③

② 出　力 ⊖　　④

2) 電源コード

①
② } AC100V

Ⅸ 品名コードおよびオプション

MF－11型：

品名コード		品名コード	
NA－01110	乾燥空気供給装置	NB－07110	空気吐出パイプ
NB－01110	受感器	NB－06110	ブロアー
NB－02110	ポリエチレンドーム	NC－01110	サーモモジュール
NB－03110	リングスパナ	NC－02111	除湿器
NB－04110	ドームシールドパッキン	ES－0099	出力コード
NB－05110	ドーム締付リング	ES－0102	電源コード

オプション

MI－060	温度変換器
MI－010C	放射収支量演算器
SS－01110	シャントボックス
NC－01110	アダプター（Pt.）
NC－02110	アダプター（C.C）

MF－40型：

品名コード

NB－01400	放射計受感器
NH－01400	アーム（ホルダー付）
NP－01400	乾燥空気供給装置

オプション

PS－010F	固定スタンド
PS－010M	移動スタンド
SS－01400	シャントボックス
NC－01400	アダプター（Pt.）
NC－02400	アダプター（C.C）

表 1 （σT^4）

$\sigma = 5.67032 \times 10^{-8}$ W・m^{-2}・K^{-4}

T＝273.15°C＋θ°C

θ° C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
−19.00	236.57	236.20	235.83	235.46	235.09	234.72	234.35	233.98	233.61	233.24
−18.00	240.32	239.94	239.57	239.19	238.82	238.44	238.07	237.69	237.32	236.95
−17.00	244.11	243.73	243.35	242.97	242.59	242.21	241.83	241.45	241.07	240.70
−16.00	247.94	247.56	247.17	246.79	246.40	246.02	245.64	245.26	244.87	244.49
−15.00	251.82	251.43	251.04	250.65	250.27	249.88	249.49	249.10	248.72	248.33
−14.00	255.75	255.35	254.96	254.57	254.17	253.78	253.39	253.00	252.60	252.21
−13.00	259.72	259.32	258.92	258.52	258.12	257.73	257.33	256.93	256.54	256.14
−12.00	263.73	263.33	262.93	262.53	262.12	261.72	261.32	260.92	260.52	260.12
−11.00	267.80	267.39	266.98	266.57	266.17	265.76	265.35	264.95	264.54	264.14
−10.00	271.91	271.49	271.08	270.67	270.26	269.85	269.44	269.03	268.62	268.21
− 9.00	276.06	275.65	275.23	274.81	274.40	273.98	273.56	273.15	272.74	272.32
− 8.00	280.27	279.85	279.42	279.00	278.58	278.16	277.74	277.32	276.90	276.48
− 7.00	284.52	284.09	283.67	283.24	282.81	282.39	281.96	281.54	281.11	280.69
− 6.00	288.82	288.39	287.96	287.53	287.09	286.66	286.23	285.81	285.38	284.95
− 5.00	293.17	292.73	292.30	291.86	291.42	290.99	290.55	290.12	289.69	289.25
− 4.00	297.57	297.13	296.68	296.24	295.80	295.36	294.92	294.48	294.05	293.61
− 3.00	302.01	301.57	301.12	300.68	300.23	299.78	299.34	298.90	298.45	298.01
− 2.00	306.51	306.06	305.61	305.16	304.71	304.26	303.81	303.36	302.91	302.46
− 1.00	311.06	310.60	310.14	309.69	309.23	308.78	308.32	307.87	307.42	306.96
− 0.00	315.65	315.19	314.73	314.27	313.81	313.35	312.89	312.43	311.97	311.52
0.00	315.65	316.12	316.58	317.04	317.51	317.97	318.44	318.90	319.37	319.84
1.00	320.30	320.77	321.24	321.71	322.18	322.65	323.12	323.59	324.06	324.53
2.00	325.00	325.47	325.95	326.42	326.90	327.37	327.85	328.32	328.80	329.27
3.00	329.75	330.23	330.71	331.19	331.67	332.15	332.63	333.11	333.59	334.07
4.00	334.55	335.04	335.52	336.01	336.49	336.98	337.46	337.95	338.43	338.92
5.00	339.41	339.90	340.39	340.88	341.37	341.86	342.35	342.84	343.33	343.82
6.00	344.32	344.81	345.30	345.80	346.29	346.79	347.29	347.78	348.28	348.78
7.00	349.28	349.78	350.28	350.78	351.28	351.78	352.28	352.78	353.28	353.79
8.00	354.29	354.80	355.30	355.81	356.31	356.82	357.32	357.83	358.34	358.85
9.00	359.36	359.87	360.38	360.89	361.40	361.91	362.42	362.94	363.45	363.97
10.00	364.48	365.00	365.51	366.03	366.54	367.06	367.58	368.10	368.62	369.14

表 2 （σT^4）

$\sigma = 5.67032 \times 10^{-8}\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}$

$T = 273.15°C + \theta°C$

θ° C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
11.00	369.66	370.18	370.70	371.22	371.74	372.27	372.79	373.31	373.84	374.36
12.00	374.89	375.41	375.94	376.47	377.00	377.52	378.05	378.58	379.11	379.64
13.00	380.17	380.71	381.24	381.77	382.30	382.84	383.37	383.91	384.44	384.98
14.00	385.52	386.05	386.59	387.13	387.67	388.21	388.75	389.29	389.83	390.37
15.00	390.91	391.46	392.00	392.55	393.09	393.64	394.18	394.73	395.27	395.82
16.00	396.37	396.92	397.47	398.02	398.57	399.12	399.67	400.22	400.77	401.33
17.00	401.88	402.44	402.99	403.55	404.10	404.66	405.22	405.77	406.33	406.89
18.00	407.45	408.01	408.57	409.13	409.69	410.26	410.82	411.38	411.95	412.51
19.00	413.08	413.64	414.21	414.78	415.34	415.91	416.48	417.05	417.62	418.19
20.00	418.76	419.33	419.91	420.48	421.05	421.63	422.20	422.78	423.35	423.93
21.00	424.51	425.08	425.66	426.24	426.82	427.40	427.98	428.56	429.14	429.72
22.00	430.31	430.89	431.47	432.06	432.64	433.23	433.82	434.40	434.99	435.58
23.00	436.17	436.76	437.35	437.94	438.53	439.12	439.71	440.31	440.90	441.50
24.00	442.09	442.69	443.28	443.88	444.48	445.07	445.67	446.27	446.87	447.47
25.00	448.07	448.67	449.27	449.88	450.48	451.08	451.69	452.29	452.90	453.51
26.00	454.11	454.72	455.33	455.94	456.55	457.16	457.77	458.38	458.99	459.60
27.00	460.22	460.83	461.44	462.06	462.67	463.29	463.91	464.52	465.14	465.76
28.00	466.38	467.00	467.62	468.24	468.86	469.48	470.11	470.73	471.35	471.98
29.00	472.60	473.23	473.86	474.48	475.11	475.74	476.37	477.00	477.63	478.26
30.00	478.89	479.52	480.16	480.79	481.42	482.06	482.69	483.33	483.97	484.60
31.00	485.24	485.88	486.52	487.16	487.80	488.44	489.08	489.73	490.37	491.01
32.00	491.66	492.30	492.95	493.59	494.24	494.89	495.53	496.18	496.83	497.48
33.00	498.13	498.78	499.44	500.09	500.74	501.39	502.05	502.70	503.36	504.02
34.00	504.67	505.33	505.99	506.65	507.31	507.97	508.63	509.29	509.95	510.61
35.00	511.28	511.94	512.61	513.27	513.94	514.60	515.27	515.94	516.61	517.28
36.00	517.95	518.62	519.29	519.96	510.63	521.30	521.98	522.65	523.33	524.00
37.00	524.68	525.36	526.03	526.71	527.39	528.07	528.75	529.43	530.11	530.80
38.00	531.48	532.16	532.85	533.53	534.22	534.90	535.59	536.28	536.97	537.66
39.00	538.35	539.04	539.73	540.42	541.11	541.80	542.50	543.19	543.89	544.58
40.00	545.28	545.97	546.67	547.37	548.07	548.77	549.47	550.17	550.87	551.57

表　3　（σT^4）

$\sigma = 5.67032 \times 10^{-8}\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}$

$T = 273.15^\circ C + \theta^\circ C$

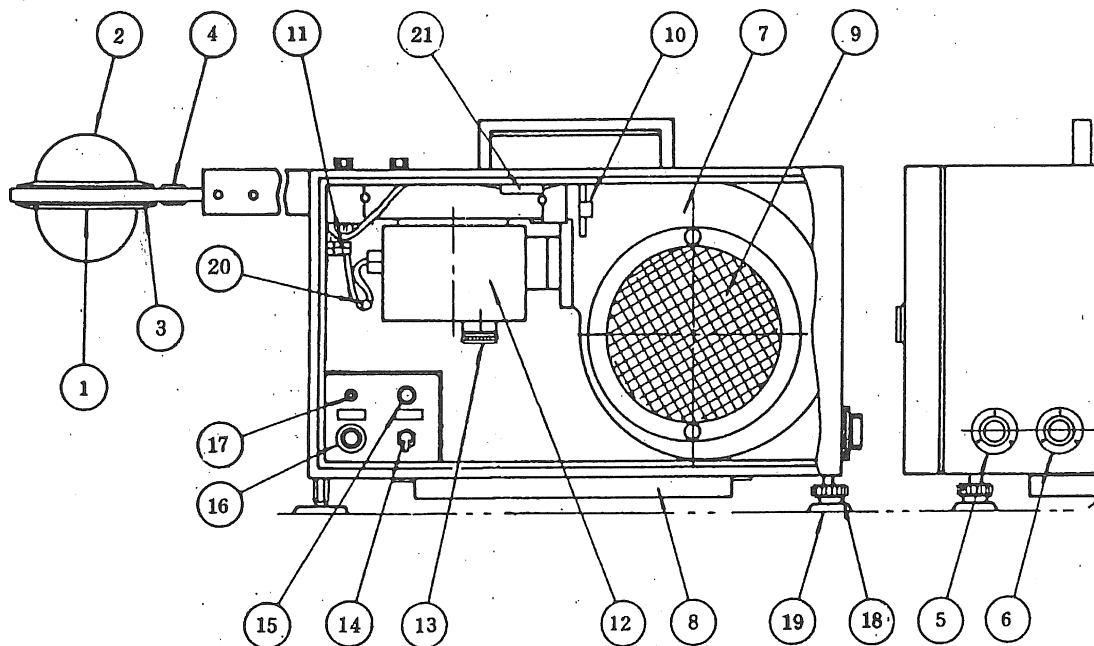
θ° C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
41.00	552.28	552.98	553.68	554.39	555.09	555.80	556.51	557.21	557.92	558.63
42.00	559.34	560.05	560.76	561.47	562.19	562.90	563.61	564.33	565.04	565.76
43.00	566.47	567.19	567.91	568.63	569.35	570.07	570.79	571.51	572.23	572.95
44.00	573.68	574.40	575.12	575.85	576.58	577.30	578.03	578.76	579.49	580.22
45.00	580.95	581.68	582.41	583.14	583.87	584.61	585.34	586.08	586.81	587.55
46.00	588.28	589.02	589.76	590.50	591.24	591.98	592.72	593.46	594.20	594.95
47.00	595.69	596.44	597.18	597.93	598.67	599.42	600.17	600.92	601.67	602.42
48.00	603.17	603.92	604.67	605.43	606.18	606.93	607.69	608.45	609.20	609.96
49.00	610.72	611.48	612.24	612.99	613.76	614.52	615.28	616.04	616.81	617.57
50.00	618.34	619.10	619.87	620.63	621.40	622.17	622.94	623.71	624.48	625.25
51.00	626.02	626.80	627.57	628.35	629.12	629.90	630.67	631.45	632.23	633.01
52.00	633.79	634.57	635.35	636.13	636.91	637.69	638.48	639.26	640.05	640.83
53.00	641.62	642.41	643.19	643.98	644.77	645.56	646.35	647.14	647.94	648.73
54.00	649.52	650.32	651.11	651.91	652.71	653.50	654.30	655.10	655.90	656.70
55.00	657.50	658.30	659.11	659.91	660.71	661.52	662.32	663.13	663.94	664.75
56.00	665.55	666.36	667.17	667.98	668.79	669.61	670.42	671.23	672.05	672.86
57.00	673.68	674.50	675.31	676.13	676.95	677.77	678.59	679.41	680.23	681.05
58.00	681.88	682.70	683.53	684.35	685.18	686.01	686.83	687.66	688.49	689.32
59.00	690.15	690.98	691.82	692.65	693.48	694.32	695.15	695.99	696.82	697.66
60.00	698.50	699.34	700.18	701.02	701.86	702.70	703.55	704.39	705.23	706.08
61.00	706.93	707.77	708.62	709.47	710.32	711.17	712.02	712.87	713.72	714.57
62.00	715.43	716.28	717.13	717.99	718.85	719.70	720.56	721.42	722.28	723.14
63.00	724.00	724.86	725.73	726.59	727.45	728.32	729.19	730.05	730.92	731.79
64.00	732.66	733.53	734.40	735.27	736.14	737.01	737.89	738.76	739.63	740.51
65.00	741.39	742.26	743.14	744.02	744.90	745.78	746.66	747.55	748.43	749.31
66.00	750.20	751.08	751.97	752.85	753.74	754.63	755.52	756.41	757.30	758.19
67.00	759.08	759.98	760.87	761.76	762.66	763.56	764.45	765.35	766.25	767.15
68.00	768.05	768.95	769.85	770.75	771.66	772.56	773.47	774.37	775.28	776.19
69.00	777.09	778.00	778.91	779.82	780.73	781.65	782.56	783.47	784.39	785.30
70.00	786.22	787.14	788.05	788.97	789.89	790.81	791.73	792.65	793.58	794.50

① 受感部	⑫ 除湿器
② ポリエチレンドーム	⑬ ドレインコック
③ ドーム締付リング	⑭ 電源スイッチ
④ 水準器	⑮ 電源表示ランプ
⑤ 出力コネクター	⑯ ヒューズ
⑥ 電源コネクター	⑰ 除湿器、ALARMランプ
⑦ ブロアー	⑱ 水平調節脚
⑧ 空気取入口	⑲ 脚座
⑨ 荒目フィルター	⑳ エアージョイント
⑩ 細目フィルター	㉑ 出力中継コネクター
⑪ リークノズル	

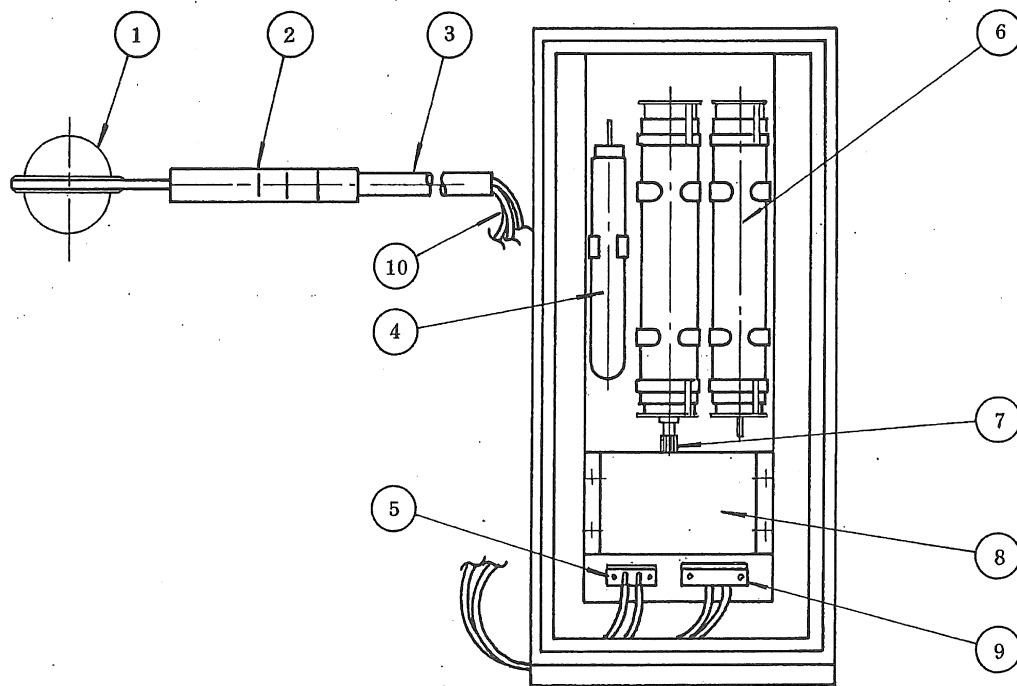
図5　MF－11型説明図

① 受感部	⑥ 乾燥剤
② ホルダー	⑦ ニードル弁
③ アーム	⑧ ミニポンプ
④ 調圧器	⑨ AC電源端子
⑤ チューブ継手	⑩ 出力コード

図6　MF－40型説明図

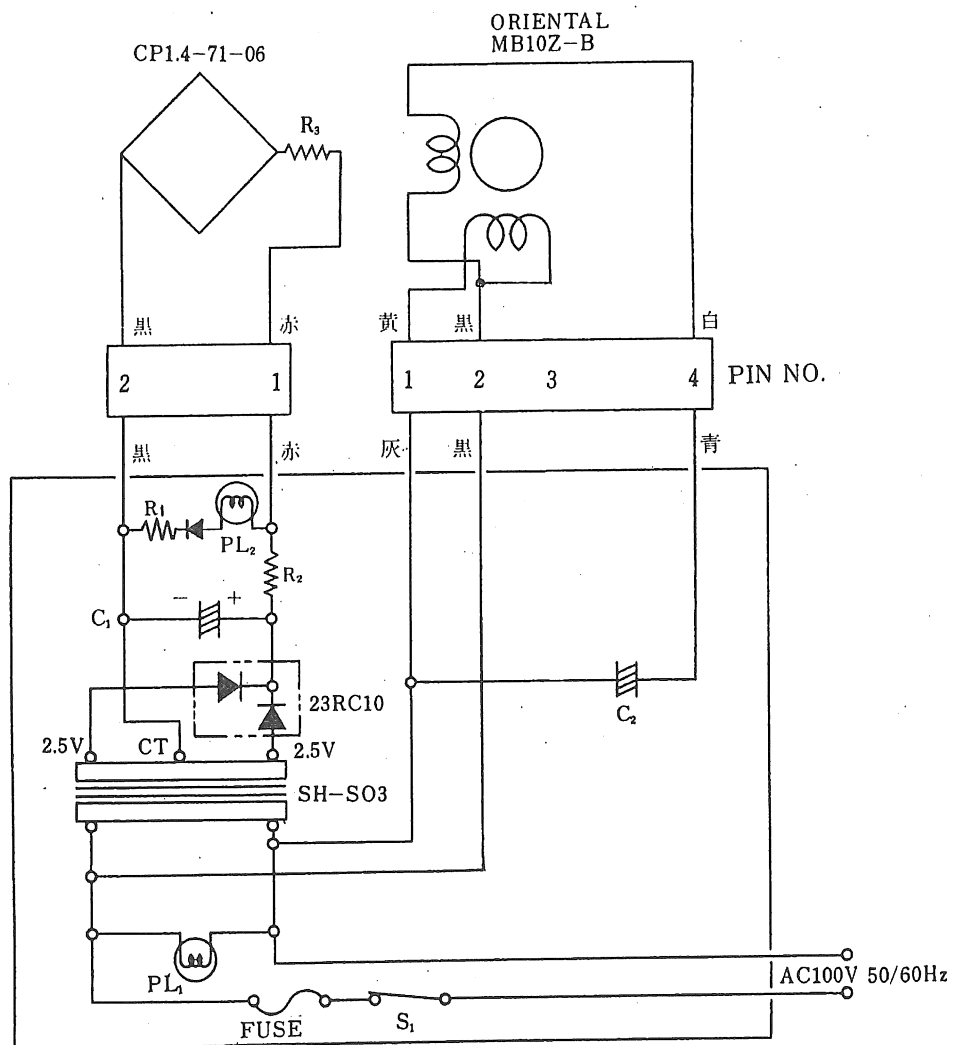
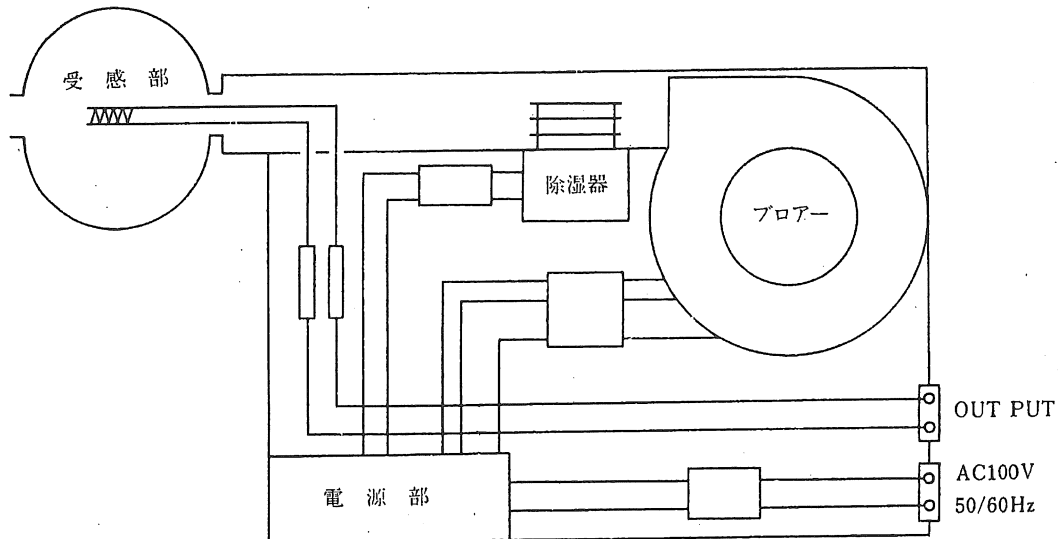



図7　MF-11型電源部回路図

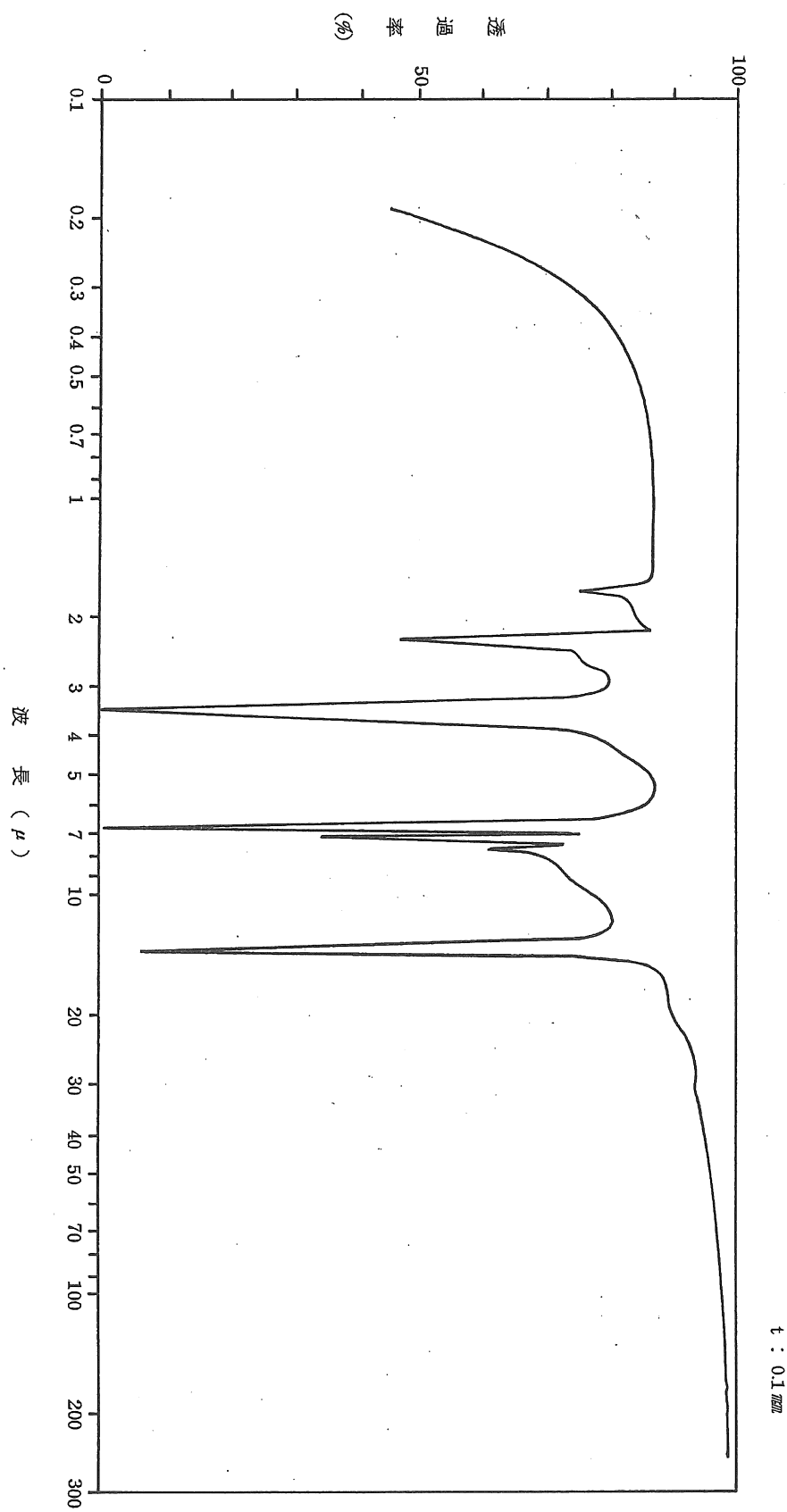



図８　ポリエチレンドーム透過特性

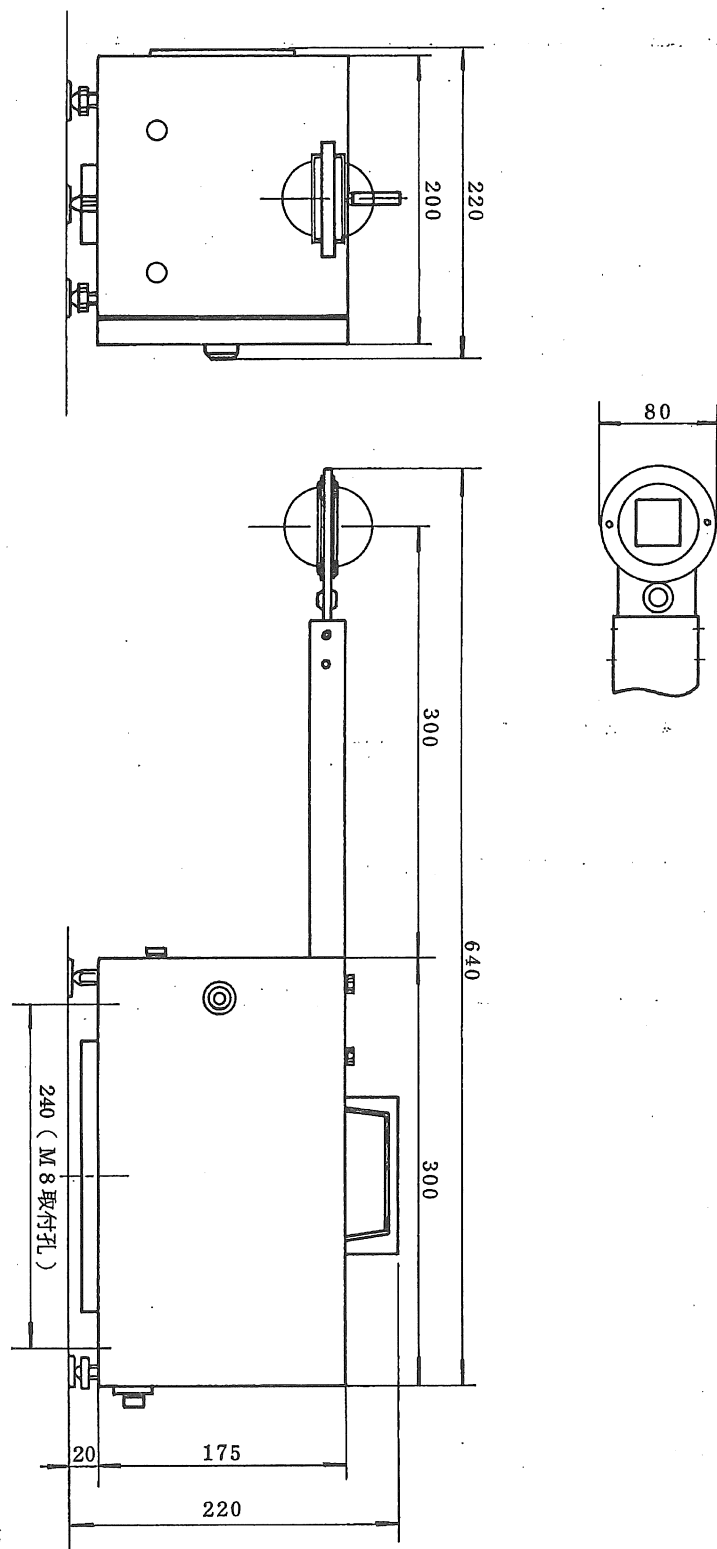



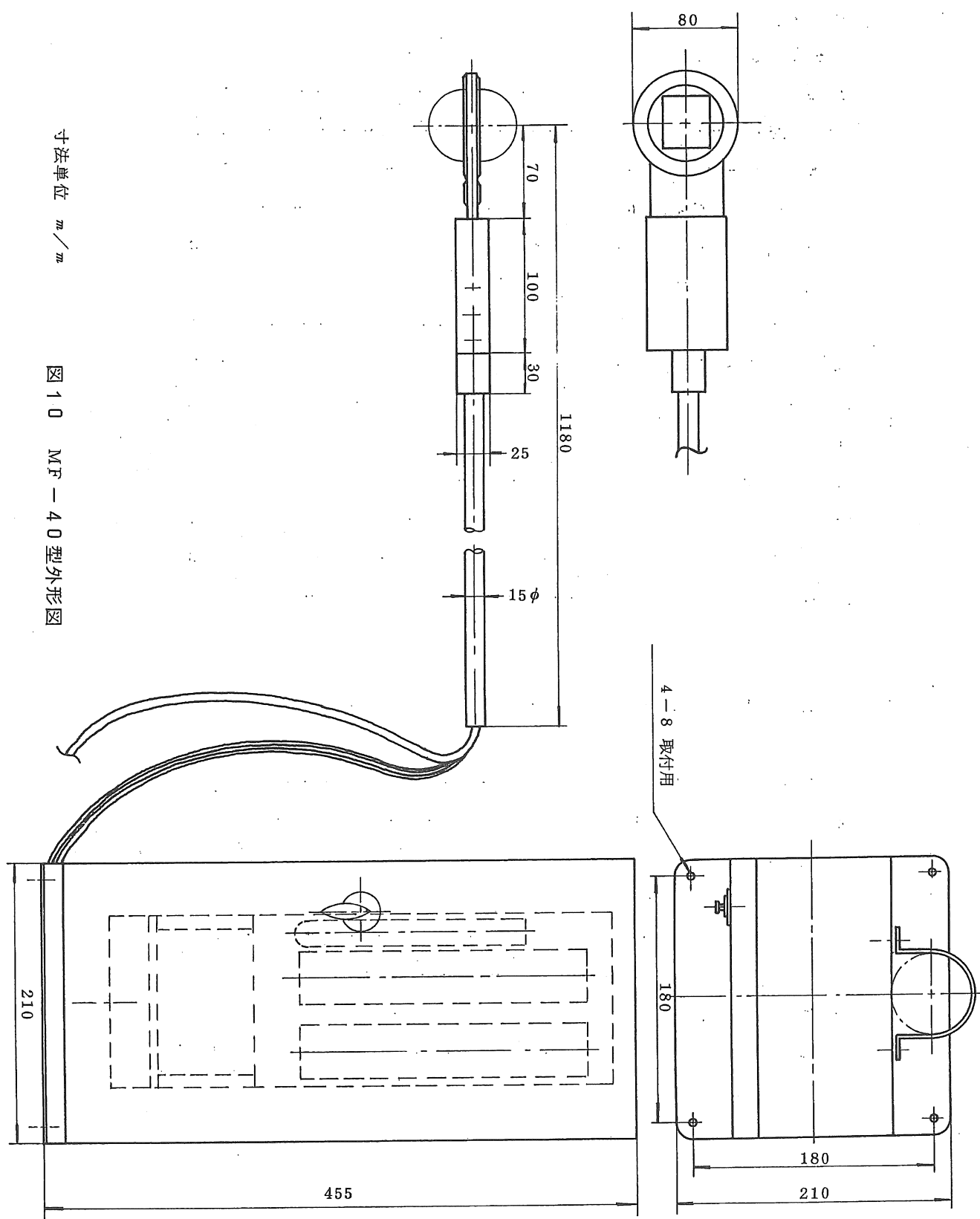
図９　ＭＦ－１１型外形図

寸法単位 m／m

図10 MF－40型外形図

X　送付標準部品一覧

MF－１１型：

	品名	数量
1.	乾燥空気供給装置	1　台
2.	受感器	1　台
3.	空気吐出パイプ	1　個
4.	出力ケーブル（１０m）	1　本
5.	電源ケーブル（１０m）	1　本
6.	本体取付ボルト	2　本
7.	脚座（本体下部に付属）	3　個
8.	ポリエチレンドーム	10　枚（予備）
9.	リングスパナ	1　個
10.	シールドパッキン	2　枚（予備）
11.	ブラシ	1　本
12.	掃除針	1　個
13.	白色グリース	1　個
14.	取扱説明書	1　部
15.	検査証	1　通

MF－４０型：

	品名	数量
1.	受感器	1　台
2.	アーム（ホルダー付）	1　台
3.	乾乾空気供給装置	1　式
4.	出力ケーブル（１０m）	1　本
5.	ポリエチレンドーム	10　本（予備）
6.	リングスパナ	1　個
7.	シールドパッキン	2　枚（予備）
8.	白色グリース	1　個
9.	取扱説明書	1　部
10.	検査証	1　通